

PUB-NO: DE019802535A1  
DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19802535 A1  
TITLE: Micro-actuator with electrostatic drive  
PUBN-DATE: July 29, 1999

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HESSELBACH, JUERGEN PROF DR ING	DE
OH, HYEON-SEOK DR ING	KR

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HESSELBACH JUERGEN PROF DR ING	DE

APPL-NO: DE19802535

APPL-DATE: January 23, 1998

PRIORITY-DATA: DE19802535A (January 23, 1998)

INT-CL (IPC): H02N001/00

EUR-CL (EPC): H02N001/00

## ABSTRACT:

CHG DATE=19991102 STATUS=O>A micro-actuator with an electrostatic drive consists of a plus electrode (2) and a minus electrode (3) which can be connected across a high voltage source via a controllable switch. The two electrodes are each formed by a thin strip of conducting material and are each folded at right angles to one another in sections, alternating and over one another to form a trapezoidal electrode packet (1) of variable height. Between the electrode layers folded over one another of different polarity is a thin insulation (4) of non-conducting material. The lowest electrode

layer connected to a lower foot (6), and the highest electrode layer connected to an upper foot (7), and the two electrodes forming the electrode packet, are guided between self-enclosing feet relative to one another with variable spacing.



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 198 02 535 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
H 02 N 1/00

DE 198 02 535 A 1

(21) Aktenzeichen: 198 02 535.1  
(22) Anmeldetag: 23. 1. 98  
(43) Offenlegungstag: 29. 7. 99

- (71) Anmelder:  
Hesselbach, Jürgen, Prof. Dr.-Ing., 38300  
Wolfenbüttel, DE
- (74) Vertreter:  
GRAMM, LINS & PARTNER, 38122 Braunschweig

- (72) Erfinder:  
Hesselbach, Jürgen, Prof. Dr.-Ing., 38300  
Wolfenbüttel, DE; Oh, Hyeon-Seok, Dr.-Ing., Busan,  
KR
- (56) Entgegenhaltungen:  
DE-PS 9 00 259  
DE 1 96 11 446 A1  
US 54 34 464  
WO 95 01 079  
JP 05-2 19 760 A

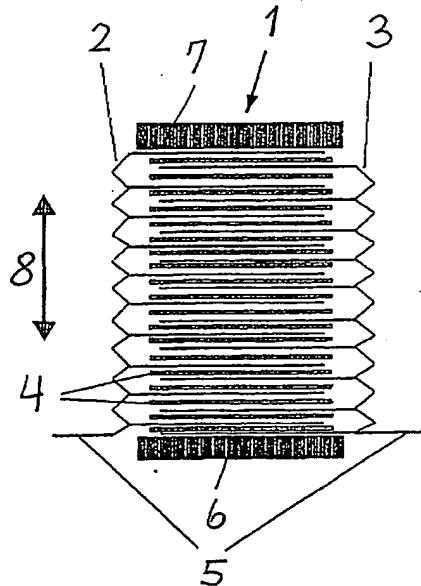
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Mikroaktor

(55) Die Erfindung betrifft einen Mikroaktor mit elektrostatischem Antrieb, bestehend aus einer Plus-Elektrode (2) und einer Minus-Elektrode (3), die über einen steuerbaren Schalter (12) an eine Hochspannungsquelle (11) legbar sind.

Zur Erhöhung der Leistung und zur Vereinfachung der Herstellung wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die beiden Elektroden (2, 3) jeweils durch einen dünnen Streifen aus leitendem Material gebildet und zur Formung eines viereckigen, höhenvariablen Elektrodenpaketes (1) jeweils rechtwinklig zueinander abschnittsweise abwechselnd übereinander gefaltet sind, wobei zwischen den übereinander gefalteten Elektrodenlagen unterschiedlicher Polarität jeweils eine dünne Isolierung (4; 16) aus nichtleitendem Material vorgesehen ist und die unterste Elektrodenlage mit einem unteren Fuß (6) und die oberste Elektrodenlage mit einem oberen Fuß (7) verbunden und die beiden das Elektrodenpaket (1) zwischen sich einschließenden Füßen (6, 7) relativ zueinander abstandsveränderlich geführt sind.



DE 198 02 535 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Mikroaktor mit elektrostatischem Antrieb, bestehend aus einer Plus-Elektrode und einer Minus-Elektrode, die über einen steuerbaren Schalter an eine Hochspannungsquelle legbar sind.

Mikroaktoren finden in der Mikrosystemproduktion Verwendung. Für den Antrieb der Mikroaktoren sind elektrostatische Kräfte geeignet, da sich in den engen Lücken zwischen gegenüberliegenden Elektroden unterschiedlicher Polarität eine starke elektrostatische Kraft erzeugen läßt. Nachteilig bei bisher bekanntgewordenen Mikroaktoren ist jedoch ihre für praktische Anwendungen häufig ungenügende Verstellkraft.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen einfach herzustellenden Mikroaktor zu entwickeln, mit dem sich die für praktische Anwendungen notwendigen großen Verstellkräfte erzeugen lassen.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die beiden Elektroden jeweils durch einen dünnen Streifen aus leitendem Material gebildet und zur Formung eines viereckigen, höhenvariablen Elektrodenpakete jeweils rechtwinklig zueinander abschnittweise abwechselnd übereinander gefaltet sind, wobei zwischen den übereinander gefalteten Elektrodenlagen unterschiedlicher Polarität jeweils eine dünne Isolierung aus nichtleitendem Material vorgesehen ist und die unterste Elektrodenlage mit einem unteren Fuß und die oberste Elektrodenlage mit einem oberen Fuß verbunden und die beiden das Elektrodenpaket zwischen sich einschließenden Füße relativ zueinander abstandsveränderlich geführt sind.

Dabei ist es grundsätzlich möglich, daß die Isolierung durch eine Lackbeschichtung von zumindest einem der beiden Elektrodenstreifen gebildet ist.

In einer abgewandelten Ausführungsform kann es jedoch zweckmäßig sein, wenn die Isolierung durch einen treppenförmig gestalteten Streifen gebildet ist, der sich aus viereckigen Abschnitten zusammensetzt, deren Breite doppelt so groß ist wie die Breite der Elektrodenstreifen, und der unter 45° bzw. 135° zu den Elektrodenstreifen bei jeweils parallel zu ihnen liegenden Abschnitten mit jeweils halbem Abschnitt abwechselnd über den einen und nachfolgend über den über ihn gefalteten anderen Elektrodenstreifen gefaltet ist.

Fertigungstechnisch vorteilhaft ist bei den erfindungsgemäßen Lösungen, daß sich das Elektrodenpaket aus endlosen Streifen durch bloße Faltungen herstellen läßt, so daß bei den Elektroden und Isolatoren Nähte, sonstige Verbindungen, Lötstellen und dergleichen entfallen. Elektrische Störungen durch Verbindungsfehler können somit nicht auftreten.

Die sich gegenseitig umschlingende Struktur zwischen den Elektrodenstreifen und gegebenenfalls auch dem Isolierstreifen ergibt bei dem Hub des Elektrodenpaketes einen besonders weichen und sanften Federeffekt, so daß zur Erzielung der Federfunktion keine separate Struktur erforderlich ist. Dennoch baut der erfindungsgemäße Mikroaktor kompakt und stabil, so daß eine große Zahl von übereinanderliegenden Elektrodenlagen vorgesehen werden kann. Hierdurch lassen sich wiederum große Verstellkräfte und insbesondere auch große Arbeitshübe erzeugen, wobei sich Verstellkraft und Hubgröße durch Veränderung der angelegten Spannung variieren lassen.

Aufgrund seiner eigenen Federfunktion nimmt das Elektrodenpaket bei abgeschalteter Spannung seine größte Ausdehnung ein; es wird also eine nach oben-gerichtete Ausdehnungskraft erzeugt. Durch Anlegen einer Spannung werden zwischen den sich gegenüberliegenden Kontaktflächen

der Elektroden unterschiedlicher Polarität Anziehungskräfte erzeugt, die zu einer Verkürzung der gegenseitigen Elektrodenabstände und damit des gesamten Elektrodenpakets führen. Diese Verkürzungskraft ist der Ausdehnungskraft 5 entgegengerichtet.

Soweit vorstehend oder nachfolgend von oben bzw. "unten" die Rede ist, soll dies nur beispielhaft gelten. Die Arbeitshübe des erfindungsgemäßen Mikroaktors können auch in horizontaler Richtung oder geneigt zur Horizontalen erfolgen.

Weitere Merkmale der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche und werden in Verbindung mit weiteren Vorteilen der Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

15 In der Zeichnung sind einige als Beispiele dienende Ausführungsformen der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen lotrechten Schnitt durch einen nahtlosen elektrostatischen Mikroaktor;

20 Fig. 2 in einer Darstellung gemäß Fig. 1 einen in ein Gestell eingebauten Mikroaktor in spannungslosem Zustand;

Fig. 3 den Mikroaktor gemäß Fig. 2 bei angelegter Spannung;

Fig. 4 in perspektivischer Darstellung ein Falteinprinzip eines nahtlosen elektrostatischen Mikroaktors;

25 Fig. 5 die ersten sechs Schritte eines Faltsverfahrens zur Herstellung eines nahtlosen elektrostatischen Mikroaktors aus zwei mit einer Isolierlackierung versehenen Elektrodenstreifen;

30 Fig. 6 in einer Darstellung gemäß Fig. 5 zwölf Verfahrensschritte eines Faltsverfahrens zur Herstellung eines nahtlosen Mikroaktors aus zwei Elektrodenstreifen und einem Isolierstreifen und

Fig. 7 das Faltsverfahren gemäß Fig. 6 unter Verwendung

35 von Elektrodenstreifen mit diskreten Elektrodenabschnitten.

Fig. 1 zeigt schematisch Aufbau und Funktion eines erfindungsgemäß hergestellten Elektrodenpakete 1 für einen Mikroaktor mit elektrostatischem Antrieb. Das Elektrodenpaket 1 setzt sich zusammen aus einem nahtlos gefalteten Elektrodenstreifen 2 (Plus-Elektrode), einem ebenfalls nahtlos gefalteten Elektrodenstreifen 3 (Minus-Elektrode) und einem die einzelnen Lagen dieser beiden Elektrodenstreifen 2, 3 isolierend voneinander trennenden, ebenfalls nahtlos gefalteten Isolierstreifen 4. Die beiden Kontaktpunkte der

40 Elektrodenstreifen 2, 3 sind mit dem Bezugssymbol 5 versehen.

Die unterste Elektrodenlage ist mit einem unteren Fuß 6

und die oberste Elektrodenlage mit einem oberen Fuß 7 verbunden.

Der eingezeichnete Doppelpfeil 8 symbolisiert die Hubbewegungen des Elektrodenpakete 1.

45 Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 ist das Elektrodenpaket 1 gemäß Fig. 1 eingesetzt in ein Gestell, das einen stationären oberen Boden 9 aufweist, der in konstantem Abstand zum unteren Fuß 6 gehalten wird durch Stützen 10, die zugleich als Führung für den höhenverschiebbaren oberen

50 Fuß 7 dienen und außerdem eine elektrisch leitende Verbindung zwischen einer Hochspannungsquelle 11 und den beiden Elektrodenstreifen 2, 3 bilden. Bei geöffnetem Schalter 12 (Fig. 2) liegt das Elektrodenpaket 1 unter Einwirkung seiner durch den Pfeil 13 symbolisierten Feder- bzw. Aus-

55 dehnungskraft mit seinem oberen Fuß 7 an dem Boden 9 an, der somit einen Anschlag für die maximale Federausdehnung des Elektrodenpakete 1 bildet.

Wird der Schalter 12 geschlossen (Fig. 3), so zieht sich das Elektrodenpaket 1 unter Einwirkung der durch den Pfeil

60 14 symbolisierten elektrostatischen Kräfte zusammen; der obere Fuß 7 wird – geführt durch die Stützen 10 – nach unten gezogen, bis er auf einer einen unteren Anschlag bildenden Ringschulter 15 der Stützen 10 aufliegt, wie es Fig. 3

zeigt.

Die Fig. 2 und 3 machen deutlich, daß der erfundungsge-  
mäße Mikroaktor kompakt und stabil baut, zugleich aber  
lange Arbeitswege ermöglicht. Dabei ist z. B. cindringender  
Staub ohne schädlichen Einfluß auf die Arbeitshöhe des Mi-  
kroaktors.

Fig. 5 zeigt anhand von sechs aufeinanderfolgenden Ar-  
beitsschritten ein Beispiel für die Faltung eines nahtlosen  
Elektrodenpaketes aus zwei Elektrodenstreifen 2, 3, von de-  
nen zumindest einer beidseitig mit einer elektrisch isolieren-  
den Lackbeschichtung 16 versehen ist. Im übrigen besteht  
jeder Elektrodenstreifen 2, 3 aus einem dünnen leitenden  
Material. Die beiden jeweils mit einem Kontaktpunkt 5 ver-  
sehenen Elektrodenstreifen 2, 3 werden rechtwinklig zuein-  
ander angeordnet (erster Schritt (a) und dann gemäß (b)) 15  
übereinander gelegt und gegebenenfalls miteinander ver-  
klebt. Dann wird gemäß dem Arbeitsschritt (c) der Elektro-  
denstreifen 3 um 180° über den Elektrodenstreifen 2 hinweg  
nach links gefaltet; der Elektrodenstreifen 2 wird dann ge-  
mäß dem Verfahrensschritt (d) um 180° über den Elektro-  
denstreifen 3 nach unten gefaltet; anschließend wird der  
Elektrodenstreifen 3 gemäß dem Schritt (e) um 180° nach  
rechts über den Elektrodenstreifen 2 hinweg gefaltet, der  
dann seinerseits wiederum um 180° über den Elektroden-  
streifen 3 hinweg nach oben gestaltet wird. Diese Faltungen  
wiederholen sich entsprechend der gewünschten Höhe des  
Elektrodenpakete bzw. der gewünschten Verstellkraft und/  
oder dem gewünschten Hub des Mikroaktors.

Fig. 4 zeigt in perspektivischer Ansicht die Faltung eines  
Elektrodenpakete unter Zwischenschaltung eines Isolier-  
streifens 4. Die einzelnen Faltschritte zur Herstellung dieses  
Elektrodenpakete 1 zeigt Fig. 6. Dabei erfolgt die Faltung  
der Elektrodenstreifen 2, 3 analog zur Darstellung der Fig. 5  
jedoch unter Zwischenschaltung des Isolierstreifens 4, der  
treppenförmig gestaltet ist und sich aus viereckigen Ab-  
schnitten 17 zusammensetzt, deren Breite b doppelt so groß  
ist wie die Breite B der Elektrodenstreifen 2, 3. In der Aus-  
gangsstellung schließt der Isolierstreifen 4 mit dem Elektro-  
denstreifen 2 einen Winkel von 45° und mit dem Elektro-  
denstreifen 3 einen Winkel von 135° ein, wobei die Ab-  
schnitte 17 mit ihrer Breite b jeweils parallel zum Elektro-  
denstreifen 3 ausgerichtet sind. Gemäß dem Verfahrens-  
schritt (b) wird der Isolierstreifen 4 mit der halben Breite  
seines untersten Abschnitts 17 auf den Elektrodenstreifen 3  
gelegt und dann in seinem Überlappungsbereich von dem  
Elektrodenstreifen 2 übergriffen, wie es der Verfahrens-  
schritt (c) verdeutlicht. Anschließend wird dann der Isolier-  
streifen 4 um 180° über den Elektrodenstreifen 2 hinweg  
nach rechts gefaltet (siehe (d)); durch Faltung des Elektro-  
denstreifens 3 um 180° aus der rechten Position in die im  
Verfahrensschritt (e) dargestellte linke Position wird dann  
der Isolierstreifen 4 in dem genannten Überlappungsbereich  
wieder übergriffen. Die weiteren Faltschritte erfolgen ge-  
mäß (f) bis (m).

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 unterscheidet sich  
von dem der Fig. 6 lediglich dadurch, daß die beiden Elek-  
trodenstreifen 2 und 3 auf der einen Seite eine viereckige  
Uncbenheitsstruktur 2a bzw. 3a und auf der anderen Seite  
eine geradlinige Struktur 2b bzw. 3b aus einem leitenden  
Material aufweisen. Die Faltschritte (a) bis (m) entsprechen  
denen der Fig. 6.

#### Patentansprüche

1. Mikroaktor mit elektrostatischem Antrieb, bestehend  
aus einer Plus-Elektrode (2) und einer Minus-  
Elektrode (3), die über einen steuerbaren Schalter (12)  
an eine Hochspannungsquelle (11) legbar sind, da-

durch gekennzeichnet, daß die beiden Elektroden (2,  
3) jeweils durch einen dünnen Streifen aus leitendem  
Material gebildet und zur Formung eines viereckigen,  
höhenvariablen Elektrodenpakete (1) jeweils recht-  
winklig zueinander abschnittweise abwechselnd über-  
einander gefaltet sind, wobei zwischen den übereinan-  
der gefalteten Elektrodenlagen unterschiedlicher Polari-  
tät jeweils eine dünne Isolierung (4; 16) aus nichtleit-  
endem Material vorgesehen ist und die unterste Elek-  
trodenlage mit einem unteren Fuß (6) und die oberste Elek-  
trodenlage mit einem oberen Fuß (7) verbunden und die beiden das Elektrodenpaket (1) zwischen sich  
einschließenden Füße (6, 7) relativ zueinander ab-  
standsveränderlich geführt sind.

2. Mikroaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-  
net, daß der untere Fuß (6) stationär angeordnet ist, und  
der obere Fuß (7) das Antriebselement bildet.

3. Mikroaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß der obere Fuß (7) an Führungen (10,  
15) geführt ist, die zugleich eine leitende Verbindung  
zwischen der Hochspannungsquelle (11) und den bei-  
den Elektrodenstreifen (2, 3) bilden.

4. Mikroaktor nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß der obere Fuß (7) in spannungs-  
freiem Zustand des Elektrodenpakete (1) an einem  
oberen Anschlag (9) und bei angelegter Spannung an  
einem unteren Anschlag (15) anliegt.

5. Mikroaktor nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierung  
durch eine Lackbeschichtung (16) von zumindest ei-  
nem der beiden Elektrodenstreifen (2, 3) gebildet ist  
(Fig. 5).

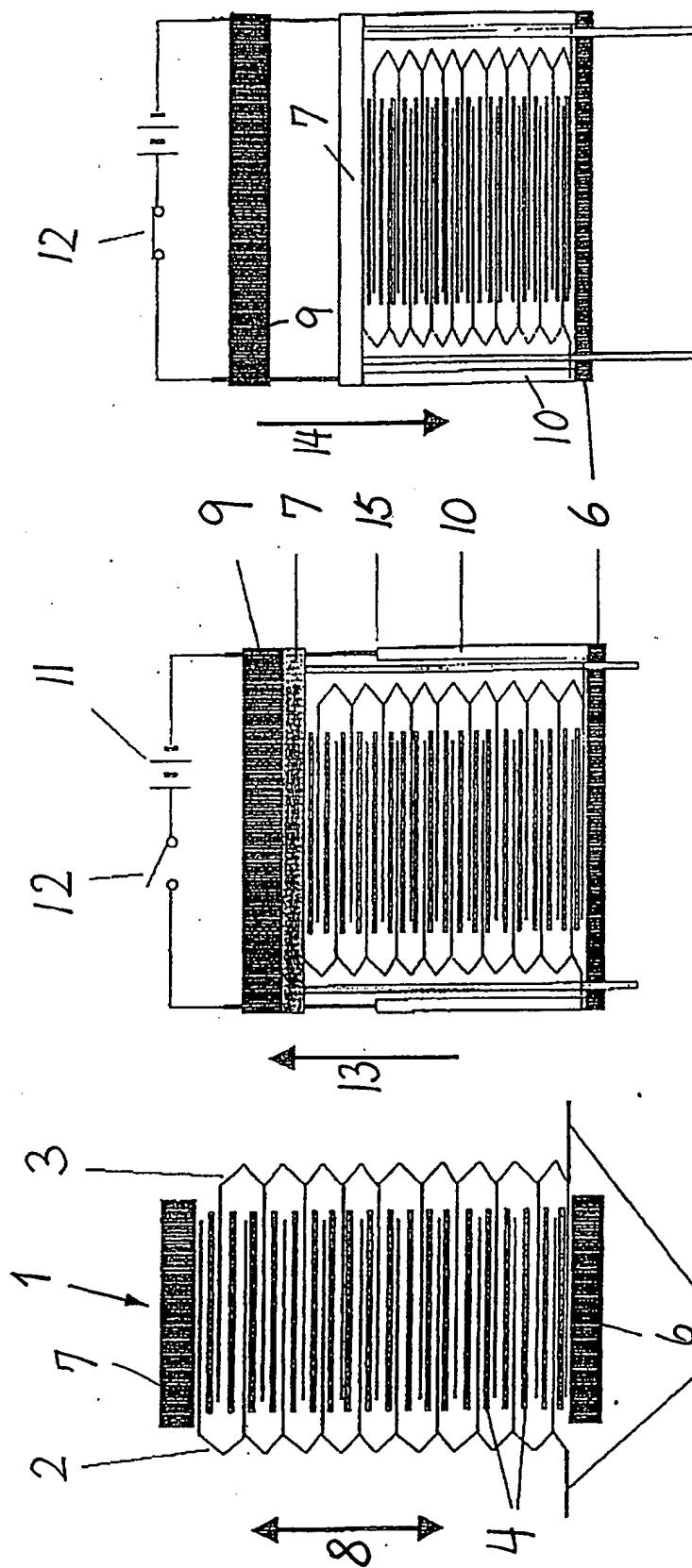
6. Mikroaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Isolierung durch einen  
treppenförmig gestalteten Streifen (4) gebildet ist, der  
sich aus viereckigen Abschnitten (17) zusammensetzt,  
deren Breite (b) doppelt so groß ist wie die Breite (B)  
der Elektrodenstreifen (2, 3), und der unter 45° bzw.  
135° zu den Elektrodenstreifen (2, 3) bei jeweils paral-  
lel zu ihnen liegenden Abschnitten (17) mit jeweils hal-  
ben Abschnitt (17) abwechselnd über den einen und  
nachfolgend über den über ihn gefalteten anderen Elek-  
trodenstreifen (2, 3) gefaltet ist (Fig. 6).

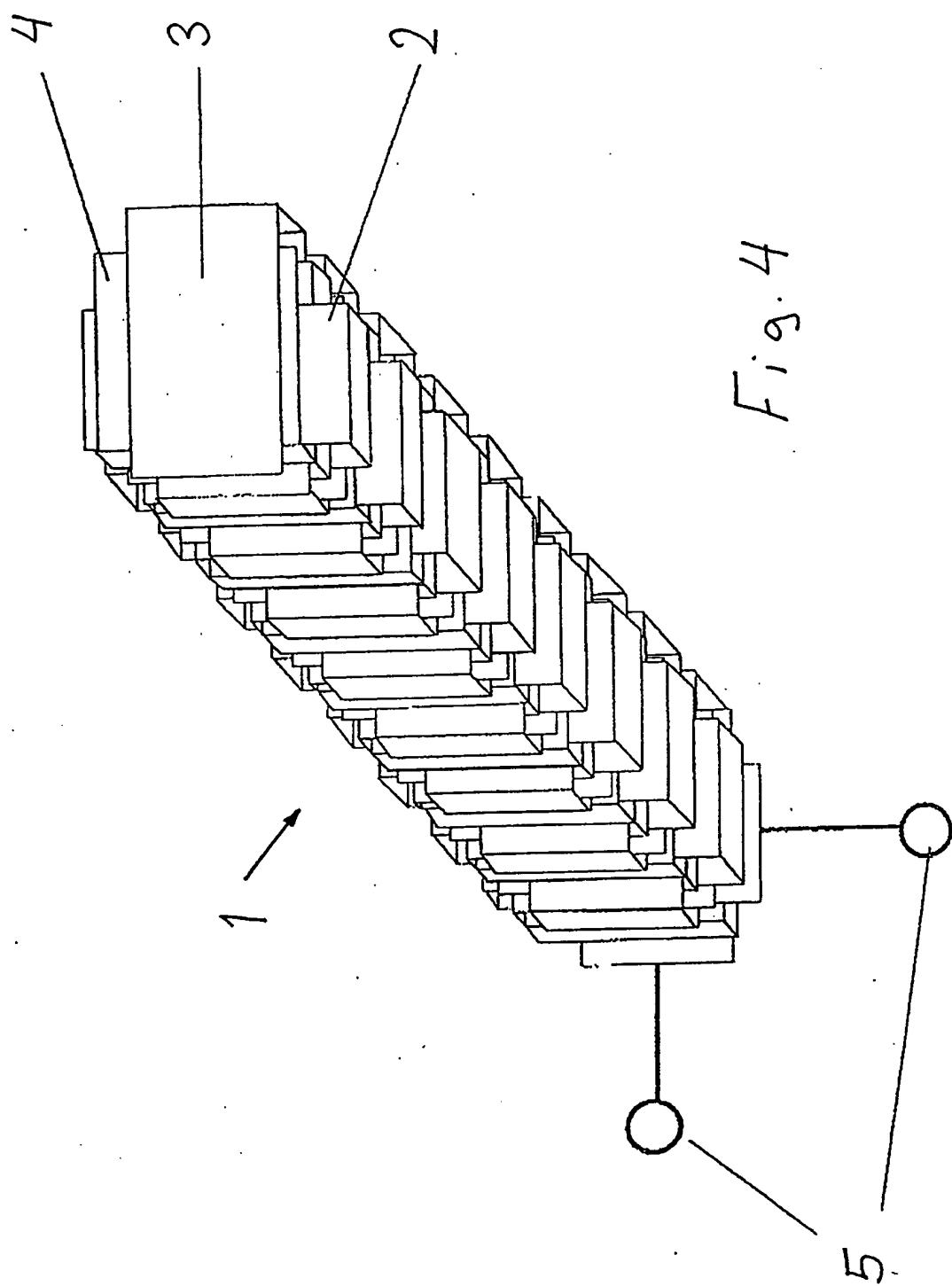
7. Mikroaktor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeich-  
net, daß jeder Elektrodenstreifen (2, 3) diskrete Elek-  
trodenabschnitte (2a, 3a) aufweist, die untereinander  
durch einen Leiter (2b, 3b) aus leitendem Material ver-  
bunden sind (Fig. 7).

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig 1  
Fig 2  
Fig 3



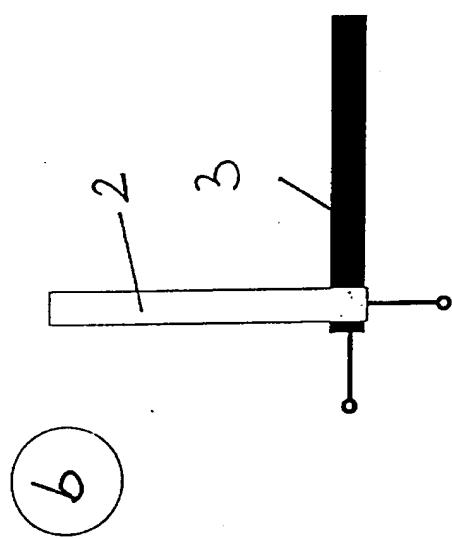
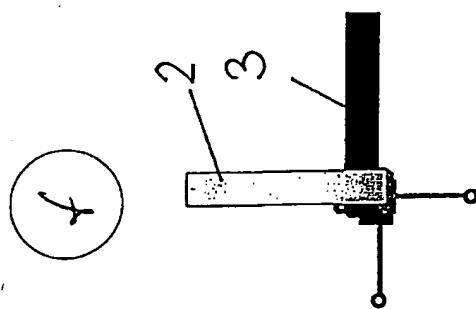
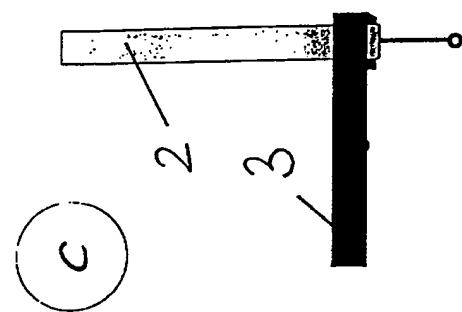


Fig. 5

